

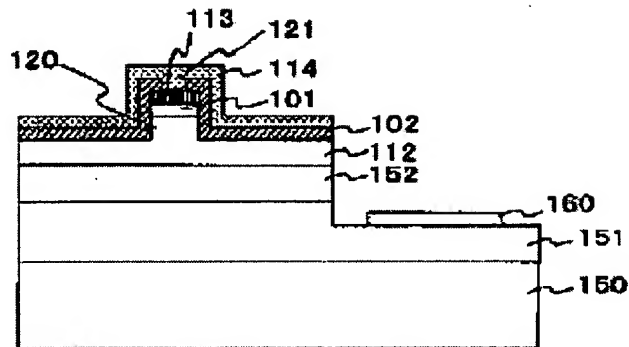
SEMICONDUCTOR LASER AND MANUFACTURE THEREOF

Patent number: JP2000299528
Publication date: 2000-10-24
Inventor: KIMURA AKITAKA
Applicant: NEC CORP
Classification:
- **International:** H01S5/22; H01S5/042
- **European:**
Application number: JP19990104370 19990412
Priority number(s):

Abstract of JP2000299528

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ridge waveguide type semiconductor laser of a constitution, wherein an electrode can be formed at a prescribed position with good accuracy even in the case where a deviation is generated in the electrode formation position, a good current constriction can be realized and the adhesion of a semiconductor layer to an insulating film is good.

SOLUTION: A P-type contact layer 101 and a first electrode layer 113 are formed on a ridge part 120 provided in a P-type clad layer 112. The layer 113 is formed in a two-layer structure consisting of a first layer Ni layer and a second layer Pt layer. A silicon oxide film 102 and a second electrode layer 114 are formed on the layers 113 and 112 in the order of the film 102 and the layer 114. The layer 114 is formed in a three-layer structure consisting of a first layer Ti layer, a second layer Pt layer and a third layer Au layer. A connection hole to reach the layer 13 is provided in the film 102, and the layers 114 and 113 are connected with each other via this connection hole.



(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーム(参考)
H 0 1 S 5/22		H 0 1 S 3/18	6 6 2 5 F 0 7 3
5/042	6 1 0		6 2 4

審査請求 有 請求項の数17 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-104370

(22) 出願日 平成11年4月12日 (1999. 4. 12)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 木村 明隆

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外2名)

Fターム(参考) 5F073 AA13 AA74 CA07 CB05 CB10

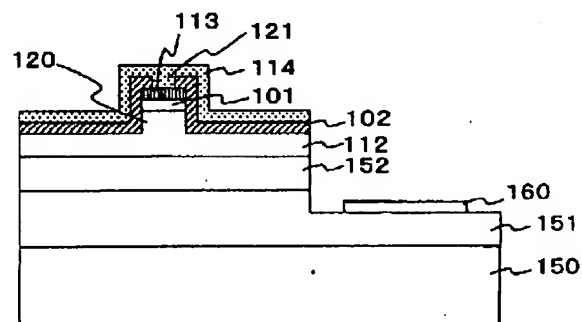
CB22 CB23 DA30

(54) 【発明の名称】 半導体レーザおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】電極を精度良く所定の位置に形成することができ、電極形成位置にずれが生じた場合であっても良好な電流狭窄が実現することができ、半導体層や絶縁膜との密着性が良好な、リッジ導波路型半導体レーザを提供すること。

【解決手段】p型クラッド層112に設けられたリッジ部120の上に、p型コンタクト層101および第一の電極層113を形成する。第一の電極層113は、第1層目がN i、第2層目がP tからなる2層構造とする。第一の電極層113およびp型クラッド層112の上に、酸化珪素膜102および第二の電極層114をこの順で形成する。第二の電極層114は、第1層目がT i、第2層目がP t、第3層目がA uからなる3層構造とする。酸化珪素膜102には第一の電極層113に達する接続孔が設けられており、この接続孔を介して第二の電極層114と第一の電極層113とを接続する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層と、リッジ部を有し前記活性層の上部に設けられた半導体層とを有し、前記リッジ部に第一の電極層が形成され、前記第一の電極層および前記半導体層の上に、前記第一の電極層に達する接続孔の設けられた絶縁膜が形成され、前記絶縁膜上に、前記接続孔を通じて前記第一の電極層と接続する第二の電極層が形成されたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記第二の電極層が、前記リッジ部および前記リッジ部以外の領域にわたって形成されたことを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記第二の電極層が、前記接続孔において第一の電極層にのみ接続することを特徴とする請求項1または2に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記リッジ部が平面方向にストライプ状に延在した形状を有し、前記リッジ部の幅が5 μ m以下であることを特徴とする請求項1乃至3いずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記第一の電極層の最下層は、Ni、Pd、Ptまたはこれらを含む合金からなることを特徴とする請求項1乃至4いずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項6】 前記第二の電極層の最下層は、Cr、Al、Tiまたはこれらを含む合金からなることを特徴とする請求項1乃至5いずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項7】 前記第一の電極層が、窒化ガリウム系半導体層の上面に接して形成されたことを特徴とする請求項1乃至6いずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項8】 前記活性層が、他の層を介してサファイア基板上に形成されたことを特徴とする請求項7に記載の半導体レーザ。

【請求項9】 基板上に、活性層と該活性層の上部に設けられた半導体層とを含む半導体多層膜を形成する工程と、前記半導体層の上に直接またはコンタクト層を介して第一の電極層を形成する工程と、第一の電極層上の所定箇所にマスクを形成した後、前記マスクの形成されていない領域に対し前記半導体層の一部を残すようにエッチング処理を行い、前記半導体層にリッジ部を形成する工程と、前記マスクを除去した後、第一の電極層の上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜に、前記第一の電極層に達する接続孔を設ける工程と、前記絶縁膜上に、前記接続孔を埋め込むように第二の電極層を形成する工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項10】 基板上に、活性層と該活性層の上部に設けられた半導体層とを含む半導体多層膜を形成する工程と、前記半導体層の上に開口部の設けられたマスクを形成する工程と、前記開口部内に前記半導体層をさらに成長させ、リッジ部を形成する工程と、前記半導体層の上に直接またはコンタクト層を介して第一の電極層を形成する工程と、前記第一の電極層の上に絶縁膜を形成す

る工程と、前記絶縁膜に、第一の電極層に達する接続孔を設ける工程と、前記絶縁膜上に、前記接続孔を埋め込むように第二の電極層を形成する工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項11】 前記絶縁膜に、第一の電極層に達する接続孔を設ける工程を、下記工程(a)～(c)により行うことを特徴とする請求項9または10に記載の半導体レーザの製造方法。

(a) 前記絶縁膜上の全面にマスク層を形成する工程

(b) 前記マスク層をエッチバックすることにより前記

第一の電極層上に位置する前記絶縁膜を露出させる工程

(c) 前記絶縁膜の露出部分を除去し、前記第一の電極層に達する接続孔を設ける工程

【請求項12】 前記第二の電極層を、前記リッジ部および前記リッジ部以外の領域にわたって形成することを特徴とする請求項9乃至11いずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項13】 前記リッジ部が平面方向にストライプ状に延在した形状を有し、前記リッジ部の幅が5 μ m以下であることを特徴とする請求項9乃至12いずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項14】 前記第一の電極層の最下層は、Ni、Pd、Ptまたはこれらを含む合金からなることを特徴とする請求項9乃至13いずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項15】 前記第二の電極層の最下層は、Cr、Al、Tiまたはこれらを含む合金からなることを特徴とする請求項9乃至14いずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

30 【請求項16】 前記第一の電極層を窒化ガリウム系半導体層の上面に接して形成することを特徴とする請求項9乃至15いずれかに記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項17】 前記基板がサファイア基板であることを特徴とする請求項16に記載の半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はリッジ導波路型半導体レーザにおける電極の構造および形成方法に関し、詳しくは、クラッド層等にリッジ部(凸部)を形成することで電流狭窄と光の閉じ込めを図る半導体レーザの電極形成技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザにおける水平横モードの制御方法として、屈折率導波路構造を採用することが有効である。屈折率導波路構造は大別して、リブ導波路型、リッジ導波路型、および埋め込み導波路型に分けられる。このうちリッジ導波路型半導体レーザは、電流狭窄と光の閉じ込めを同時に実現できるため、安定な水平横モードが得られ、低い発振しきい値等、優れた素子特性

を実現することができる。リッジ導波路構造は、製造プロセスにおいて活性層を空气中にさらさなくて済むため、空気との接触により発光効率が顕著に低下する材料を活性層に用いる場合、特に有効な手段となる。

【0003】ところが、リッジ導波路構造を特定の半導体材料を用いた半導体レーザに適用しようとすると、素子特性上あるいは製造プロセス上の理由により、リッジ部に設ける電極の構造や形成方法に種々の制約が加わる場合がある。たとえば、窒化ガリウム系半導体レーザにリッジ導波路構造を適用した場合、p電極の構造や形成方法に種々の制約が加わる。すなわち、p電極を所望の位置に精度良く形成しつつ、電極コンタクトの良好なオーミック性を実現し、かつ電極と半導体層の密着性も良好にすることが必要となる。以下、窒化ガリウム系レーザにリッジ導波路構造を適用した従来技術について説明する。

【0004】図10は代表的な窒化ガリウム系半導体レーザの断面構造を示す図である(Proceedings of The Second International Conference on Nitride Semiconductors, S-3)。この窒化物系半導体レーザでは、n型SiC基板601上に、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}N層602、n型Ga_{0.5}N層603、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層604、n型Ga_{0.5}N光閉込層605、多重量子井戸構造活性層606、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}N層607、p型Ga_{0.5}N光閉込層608、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層609、p型Ga_{0.5}Nコンタクト層610が形成されている。ストライプ状の接続孔が設けられた酸化珪素膜611の上にp電極612が形成され、n型SiC基板601の裏面にn電極613が形成されている。p電極612の第1層はNi、第2層はTi、第3層はAuである。n電極613の第1層はNi、第2層はTi、第3層はAuである。

【0005】この半導体レーザは、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層609にリッジ部620が設けられているため、リッジ部620直下の領域では、他の領域に比べてクラッド層が厚くなっている。このためリッジ部直下の領域では他の領域に比べて実効屈折率実数部が大きくなり、水平方向の実効屈折率分布により光の閉じ込めが実現される。また電流についても、リッジ部620を経由する経路にのみ電流が流れるため、水平方向への拡がりや抑えられる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが上記従来技術は、以下のような課題を有していた。

【0007】第一の課題は、電極形成の際の位置合わせが困難なことである。リッジ導波路型を採用した場合、p電極をリッジ部に精度良く形成する必要がある。ところがこのリッジ部は、良好な電流狭窄および光閉じ込めを実現するため、狭い幅で形成する必要がある。たとえば窒化ガリウム系半導体レーザでは、通常、2~3μm

程度とする。このようにリッジ幅を狭くした場合、p電極をリッジ部に精度良く形成することが困難となる。この点について図10を参照して説明する。リッジ導波路型半導体レーザにおいては、図10のように、接続孔を有する絶縁膜611を形成し、この上に電極層612を形成した構造とすることが一般的である。これによりリッジ部にのみ電流が流れるようになり、良好な電流狭窄が実現される。ここで、接続孔を形成する際に半導体層に形成されたパターンと露光用マスクとの目合わせが必要となるが、この目合わせの困難さは、リッジ幅に比べ接続孔の幅が狭い程、緩和される。ところが図10に示す従来技術において接続孔の幅を狭くすると、電極層とGa_{0.5}N半導体層とのコンタクト面積が減少し、コンタクト抵抗が上昇してしまう。したがって従来技術においては、コンタクト抵抗の低減を図りつつ上記目合わせを容易にし電極を精度良く所定の位置に形成することが困難であった。

【0008】また、窒化物系半導体レーザの場合、基板材料としてサファイア基板が用いられることが多いが、窒化物系半導体層とサファイア基板の間には大きな熱膨張係数差が存在する。このため、表面に窒化物系半導体層を形成したサファイア基板は反りやすく、特に窒化物系半導体層が10μm程度以上に厚くなるとこの反りは顕著となる。このように基板の反りが大きくなると、p電極形成の際の位置合わせはさらに困難となる。

【0009】第二の課題は、電極形成位置の位置ずれが生じた場合、電流狭窄が良好に行われなくなり、レーザ効率が低下することである。たとえば図10の従来の半導体レーザでは、絶縁膜611の接続孔をp型Ga_{0.5}Nコンタクト層610の上部にのみ設け、リッジ部620以外の領域でp電極612が直接p型クラッド層609と接触することを防いでいる。これにより電流の流れる領域をリッジ部にのみ制限し、良好な電流狭窄を実現している。ところがシリコン酸化膜611の接続孔の位置ずれが生じると図11のようになる。この場合、電流が図中矢印の経路を通してp電極612からp型クラッド層609に流れ、水平方向に電流が拡がることとなる。ここで、p電極612の最下層は、通常、窒化ガリウム半導体層との接触抵抗の低いNi等の材料で構成されるため、上記経路を経由する電流は一定程度の大きさとなる。したがって電流狭窄が不良となり、しきい値電流が増大する等、素子特性が低下することとなる。

【0010】第三の課題は、電極の剥離が生じやすいことである。特定の半導体材料を用いたレーザでは、半導体層と電極層との接触抵抗を低減するため、電極層の最下層の構成材料を適切に選択する必要がある。しかしながらこのような観点から選択された電極材料は、半導体層との密着性に劣る場合があり、電極の剥離が生じやすくなるがあった。たとえば窒化物系半導体レーザにおいては、p電極の第1層の材料として、一般に、Ni

やPdやPtなどの仕事関数の大きい金属が用いられる。これにより窒化物系半導体層とp電極との間の接触抵抗を低減することができる。ところがこれらの金属は半導体層や絶縁膜との密着性に劣り、p電極の剝離を招くことがあった。

【0011】以上、窒化ガリウム系レーザを例にとって課題を説明したが、上記課題は窒化ガリウム系レーザだけでなく、リッジ導波路型半導体レーザに共通するものである。

【0012】上述した課題のうち、第一および第二の課題はリッジ導波路構造を採用した場合に特有の課題であり、非リッジ導波路構造の場合にはあまり問題とならない。たとえば図12(a)、(b)は非リッジ導波路構造の窒化ガリウム半導体レーザの代表例であるが、このような構造では電極形成の際の位置ずれはあまり問題とならず、また、絶縁膜302の接続孔の位置が多少ずれても問題とならない。但しこの構造を採用した場合、電流狭窄が充分に行われず、現在望まれているような高水準のレーザ特性を実現することは困難である。

【0013】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、リッジ導波路構造を採用して良好な電流狭窄および光閉じ込めを実現した場合において、①電極を精度良く所定の位置に形成することができ、②電極形成位置にずれが生じた場合であっても良好な電流狭窄が実現することができ、さらに③半導体層や絶縁膜との密着性が良好な、半導体レーザを提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明によれば、活性層と、リッジ部を有し前記活性層の上部に設けられた半導体層とを有し、前記リッジ部に第一の電極層が形成され、前記第一の電極層および前記半導体層の上に、前記第一の電極層に達する接続孔の設けられた絶縁膜が形成され、前記絶縁膜上に、前記接続孔を通じて前記第一の電極層と接続する第二の電極層が形成されたことを特徴とする半導体レーザが提供される。

【0015】また本発明によれば、基板上に、活性層と該活性層の上部に設けられた半導体層とを含む半導体多層膜を形成する工程と、前記半導体層の上に直接またはコンタクト層を介して第一の電極層を形成する工程と、第一の電極層上の所定箇所にマスクを形成した後、前記マスクの形成されていない領域に対し前記半導体層の一部を残すようにエッチング処理を行い、前記半導体層にリッジ部を形成する工程と、前記マスクを除去した後、第一の電極層の上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜に、前記第一の電極層に達する接続孔を設ける工程と、前記絶縁膜上に、前記接続孔を埋め込むように第二の電極層を形成する工程とを有することを特徴とする半導体レーザが提供される。

【0016】また本発明によれば、基板上に、活性層と該活性層の上部に設けられた半導体層とを含む半導体多

層膜を形成する工程と、前記半導体層の上に開口部の設けられたマスクを形成する工程と、前記開口部内に前記半導体層をさらに成長させ、リッジ部を形成する工程と、前記半導体層の上に直接またはコンタクト層を介して第一の電極層を形成する工程と、前記第一の電極層の上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜に、第一の電極層に達する接続孔を設ける工程と、前記絶縁膜上に、前記接続孔を埋め込むように第二の電極層を形成する工程とを有することを特徴とする半導体レーザの製造方法が提供される。

【0017】本発明の半導体レーザは、活性層の上にリッジ部を有する半導体層が形成されたリッジ導波路構造を有しており、安定な水平横モードが得られ、良好な電流狭窄および光閉じ込めが実現される。しかも、電極構造を上記のような構造としているため、次のような種々の効果が得られる。

【0018】第一に、電極を精度良く所定の位置に形成することのできる製造安定性に優れた半導体レーザが得られる。前述したように従来技術においては、電極抵抗低減の観点から絶縁膜中の接続孔の幅を一定程度大きくしなければならず、このため接続孔形成の際において、半導体層に形成されたパターンと露光用マスクとの目合わせが困難となっていた。これに対し本発明では、絶縁膜の接続孔の幅を狭くしてもコンタクト抵抗の上昇を招くことがなく、上記問題を解決することができる。この点について図1を参照して説明する。図1は本発明の半導体レーザの一例である窒化ガリウム系半導体レーザの概略構造を示す図である。図のように、第一の電極層113が、リッジ部に設けられたp型コンタクト層101の上に形成されている。そして酸化珪素膜102に設けられた接続孔121を介して第二の電極層114と第一の電極層113とが接続している。電極の抵抗は特にGaN系半導体層と金属電極層とのコンタクト抵抗、すなわちこれらの層の接触面積の大小に支配されることとなるが、上記電極構造では第一の電極層113とp型コンタクト層101の接触面はリッジ幅全面にわたっており、十分に低いコンタクト抵抗を得ることができる。一方、接続孔121は金属層同士の接続箇所であるので、この部分の幅を狭くしても電極抵抗の上昇幅は小さい。したがって本発明に係る半導体レーザでは、電極抵抗の上昇を防止しつつ接続孔121の幅を狭くして目合わせを容易にすることができるのである。さらに本発明においては、電極部が特有の構造を有しているため、エッチバック法を用いることによって接続孔121をセルフアラインに形成することもできる。このような方法を採用した場合、より一層、電極を精度良く所定の位置に形成することが可能となる。この点については、実施例の項にて後述する(実施例2)。

【0019】第二に、電極形成位置の位置ずれが生じた場合においても良好な電流狭窄を維持することのできる

製造安定性に優れた半導体レーザが得られる。前述したように図10に示す従来技術の半導体レーザでは、シリコン酸化膜611の接続孔の位置ずれが生じると図11のようになり、電流狭窄が不良となってしまう値電流が増大する等、素子特性が低下するという問題があった。これに対し本発明では、接続孔の位置ずれが生じたとしても良好な電流狭窄が実現される。図9(a)に示す本発明の半導体レーザでは、実線矢印の経路を電流が流れる。この半導体レーザにおいて酸化珪素膜102に設けられる接続孔の位置がずれた場合、図9(b)のような構造となる。ここで、この半導体レーザにおいては、第一の電極層102の最下層は窒化ガリウム半導体層との接触抵抗の低いNi等の材料で構成する必要があるものの、第二の電極層114の最下層については、そのような制約は無い。したがって、第二の電極層114の最下層の材料として、接触抵抗の高いものを適宜に選択することにより、図9(b)中の点線矢印の経路を経由する電流を低減できる。このような観点で選択し得る材料は数多くあり、上記Ni等の特定の材料以外の材料を用いれば、一定の電流低減効果が得られる。ただし後述する電極層の密着性改善を意図する場合は、かかる観点も考慮して材料を選択することが望ましい。

【0020】以上のように本発明では第二の電極層の最下層の材料の制約が除かれるため、接続孔の位置ずれがあった場合にも良好な電流狭窄を維持することのできる半導体レーザを得ることができる。

【0021】第三に、半導体層に対する電極層の密着性を向上させることができる。図1に示す本発明の半導体レーザでは、第一の電極層113とp型コンタクト層101との間については、従来技術と同様、かならずしも十分な密着性は得られない。第一の電極層113の最下層は、窒化ガリウム系半導体との接触抵抗の低い材料で構成する必要があるためである。ところが本発明における第二の電極層114の最下層については、そのような制約は無い。このため第二の電極層114の最下層の材料を適宜に選択することにより、第二の電極層114と、酸化珪素膜102との間の密着性を十分に高くすることができる。第一の電極層は、酸化珪素膜102および第二の電極層114によって覆われた構造となっており、このため第一の電極層113とp型コンタクト層101との密着性が良好でなくとも電極全体としては十分に高い密着性が実現されることとなる。また、酸化珪素膜102と第二の電極層114が接する面積は図のように十分に広げることができ、狭いストライプ幅のリッジ構造を採用した場合においても十分な電極密着性が得られるのである。

【0022】本発明においては、窒化ガリウム系半導体層と接し低いコンタクト抵抗を実現するための第一の電極層と、電極層を半導体レーザ本体に密着性良く配設するための第二の電極層とを備えている。このように、本

発明では異なる機能を有する2つの電極層を設けることにより、低い電極抵抗と良好な電極密着性とを両立させることができる。

【0023】以上述べた利点を有する半導体レーザは、上述した本発明の半導体レーザの製造方法によって好適に製造することができる。本発明の製造方法によれば、比較的簡便な工程で電極を精度良く所定の位置に形成することができる。また、この製造方法によって製造された半導体レーザは、電極形成位置にずれが生じた場合であっても良好な電流狭窄が実現することができ、さらに半導体層や絶縁膜との密着性が良好である。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明においては、活性層の上部に設けられた半導体層にリッジ部を形成しており、このリッジ部により、水平方向の電流狭窄および光閉じ込めを実現している。この半導体層は、たとえば、クラッド層や光閉じ込め層等、光導波路層に光を閉じ込める機能を有する半導体層とすることができる。なお、上記半導体層と活性層との間には、他の半導体層が介在してもよい。

【0025】本発明の半導体レーザにおいて、リッジ部の形成は、活性層の上部に設けられた半導体層を一部エッチングしたり、あるいは選択成長によりリッジ部を構成する半導体層を成長させることにより行われる。

【0026】本発明の半導体レーザにおいて、第一の電極層は、リッジ部上に、直接に、またはコンタクト層を介して形成される。第一の電極層はリッジ部にのみ形成することが好ましい。また、コンタクト層を介して形成する場合は、コンタクト層をリッジ部にのみ形成することが好ましい。このようにすれば水平方向の電流の拡がりを抑制し、良好な電流狭窄を実現することができる。

【0027】本発明の半導体レーザにおいて、第二の電極層が、リッジ部およびリッジ部以外の領域にわたって形成された構造とすることが好ましい。ここで絶縁膜は上記半導体層の全面を覆うように形成することが好ましい。これにより半導体層中に不要な電流が流れることを防ぎ、良好な電流狭窄が実現される。また第二の電極層を、リッジ部およびリッジ部以外の領域にわたって形成するようにすれば、広い電極面積が確保され、ワイヤーをボンディングしたり電流プローブを接触させたりする際の位置合わせの困難さを低減できる。

【0028】本発明の半導体レーザにおいて、接続孔は前記第一の電極層にのみ接続することが好ましい。このようにすれば第二の電極層が半導体層と接触することがなくなり、第二の電極層と半導体層とのアロイ化を防止することができる。

【0029】本発明において、活性層の上部に設けられた半導体層がリッジ部を備えている。このリッジ部の形状については特に制限が無いが、低抵抗の電極を簡便な方法で形成する観点から、平面方向にストライプ状に延

在した形状とすることが好ましい。この場合、リッジ部の幅は、半導体レーザの発光波長に応じて適宜に定められるが、高効率・高出力のレーザ特性を実現する観点から、好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下、さらに好ましくは $0.3\sim 4\mu\text{m}$ とする。なおリッジ部の幅とは、リッジ部の底部における幅をいう。このようなリッジ幅とした場合、従来技術においては電極形成位置のずれや電極の密着不良といった問題が生じやすかった。本発明によればこのような問題を解決しつつリッジ幅を狭くすることができ、高効率・高出力のレーザ特性を実現する上で有利なレーザ構造を実現することができる。本発明において、第一の電極層は一または二以上の層により構成される。第一の電極層の最下層は、Ni、Pd、Ptまたはこれらを含む合金からなることが好ましく、特にNiが好ましい。このような材料を選択すれば、第一の電極層と半導体層とのコンタクト抵抗を一層低減することができる。

【0030】本発明において、第二の電極層は一または二以上の層により構成される。第二の電極層の最下層は、Cr、Al、Tiまたはこれらを含む合金からなることが好ましく、特にTiが好ましい。このような材料を選択すれば、第一の電極層と半導体層とのコンタクト抵抗を一層低減することができる。

【0031】本発明における絶縁膜としては、絶縁性の良好な膜であれば特に制限がなく、たとえば酸化珪素膜、窒化珪素膜、またはこれらの多層膜とすることができる。

【0032】本発明においては半導体材料についての制約は特になく、III-V族半導体レーザやII-VI族半導体レーザ等に適用することができるが、窒化ガリウム系半導体レーザに適用した場合、特に効果的である。窒化ガリウム系半導体レーザでは、活性層材料が空気に曝されると発光効率が著しく低下することから、活性層を含む半導体層の水平方向の幅を一定以上としつつ、水平方向の電流狭窄および光閉じ込めを行うことが望ましい。このため窒化ガリウム系半導体レーザにおいてはリッジ導波路構造の採用が有効であり、本発明の適用が特に効果的となる。また、窒化ガリウム系半導体との接触抵抗の低い電極材料を使用することの要請から、電極の密着性の問題が顕著となるため、かかる点からも本発明の適用が有効となる。窒化ガリウム系半導体に本発明を適用した場合、第一の電極層が窒化ガリウム系半導体層の上面に接して形成された構造となる。この場合、低いコンタクト抵抗と良好な電極密着性を両立させることは困難であったが、本発明によれば、窒化ガリウム系半導体層と接し低いコンタクト抵抗を実現するための第一の電極層と、電極層を半導体レーザ本体に密着性良く配設するための第二の電極層とを備えることにより、上記課題を有効に解決することができる。なお、窒化ガリウム系半導体とは、窒素およびガリウムを構成元素として含む半導体をいう。

【0033】上記のように、第一の電極層が窒化ガリウム系半導体層の上面に接して形成された構造を採用した場合、基板の材料としては、その上に窒化ガリウム系半導体層を好適に成長させることのできる材料を選択することが望ましい。このような材料として、サファイア、GaN、Si、SiC等が挙げられる。このうちサファイアはを選択した場合、従来技術においては、基板の反りにより電極形成位置のずれが生じやすいという問題があったが、本発明によればこのような問題を有効に解決できる。

【0034】本発明の半導体レーザの製造方法において、絶縁膜に第一の電極層に達する接続孔を設ける工程は、下記工程(a)～(c)により行うことが好ましい。

(a) 絶縁膜上の全面にマスク層を形成する工程

(b) マスク層をエッチバックすることにより第一の電極層上に位置する絶縁膜を露出させる工程

(c) 絶縁膜の露出部分を除去し、第一の電極層を露出させる接続孔を設ける工程

この方法はエッチバック技術を利用して接続孔を形成するものである。この方法によれば、第一の電極層にのみ接続する接続孔をセルフアラインに形成することができ、より一層、精度良く電極形成を行うことができる。

【0035】ここで、上記方法により接続孔を形成できる理由は、本発明の半導体レーザが特有の構造を有していることによる。この点について図13、図4を参照して説明する。

【0036】図4は、上記方法を適用した本発明のプロセスを示す工程断面図である。まず全面にレジスト103を設けた後(図4(a))、エッチバックにより酸化珪素膜102を露出させる(図4(b))。次いで、残ったレジスト103をマスクとして、酸化珪素膜102に開口部を形成する(図4(c))。このような方法により、接続孔をセルフアラインに形成することができる。

【0037】上記方法は、第一の電極層を含む凸部の高さが充分でないと好適に実施することができない。図13は従来の半導体レーザを上記方法を適用して作製した場合の想定図である。この構造では凸部の高さは充分でないため、マスク層をエッチバックした際、酸化珪素膜302上にマスク層のエッチング残り340が発生しやすくなる(図13(b))。このため、その後の工程で接続孔を好適に形成することが困難となる。これに対し本発明の半導体レーザでは、第一の電極層の厚みを自由に設定することができるので、第一の電極層を厚膜に形成して凸部の高さをかせぐことができる。このため、図4(b)のように、マスク層のエッチング残りが生ずることがなく、上記方法により、接続孔を好適に形成することができるのである。

50 【0038】なお本発明の半導体レーザの製造方法にお

いて、電極形成後、基板を除去してもよい。

【0039】

【実施例】（実施例1）本実施例に係る窒化ガリウム系半導体レーザの構造を図1に示す。図中、電極部以外については主要な層のみを示している。この半導体レーザは、サファイア基板150上にn型クラッド層151、活性層152、p型クラッド層112がこの順で積層された構造を有している。これらの層はいずれもGa_{0.5}N系半導体材料により構成されている。p型クラッド層112はリッジ部120を有しており、これにより水平方向の光閉じ込めおよび電流狭窄が図られる。リッジ部120の上には、Ga_{0.5}N系半導体材料からなるp型コンタクト層101および第一の電極層113が積層されている。第一の電極層113は、第1層目がNi、第2層目がPtからなる2層構造となっている。第一の電極層113およびp型クラッド層112の上には酸化珪素膜102および第二の電極層114が積層されている。第二の電極層114は、第1層目がTi、第2層目がPt、第3層目がAuからなる3層構造である。酸化珪素膜102には第一の電極層113に達する接続孔が設けられており、この接続孔を介して第二の電極層114と第一の電極層113とが接続している。なお、n型クラッド層151上にはn電極160が設けられている。

【0040】この半導体レーザでは、酸化珪素膜102の表面が酸化珪素膜102との密着が良いTi膜とのみ接しており、また、広い接触面積が確保されている。このため電極の密着性に優れた構造となっている。また、接続孔は酸化珪素膜102に形成されているため、エッチング等により容易に接続孔を設けることができる。このため所望の大きさの接続孔を制御性良く形成できる。

【0041】一方、第二の電極層114の電極面積を広くとることが出来るため、ワイヤーをボンディングしたり電流プローブを接触させたりする際の位置合わせの困難さが低減される。また、リッジ上部以外の領域でワイヤーボンディング等を行うことができることとなり、活性層に損傷を与える危険性も低減される。

【0042】また、第二の電極層114はp型コンタクト層101に接していない。これらが接触する場合、p電極アロイの工程等において、第二の電極層114とp型コンタクト層のアロイが進行して素子のpコンタクト抵抗が悪化することがあるが、本実施例の半導体レーザではこのような問題が解消されている。

【0043】以下、図1の半導体レーザの製造方法について、図2～3を参照して説明する。ここで図2～3は活性層152を形成した後につづく工程を示すものであり、活性層152より上の部分についてのみ示している。

【0044】まず図2（a）のように、窒化物系半導体からなる活性層152上に、p型クラッド層112、p型コンタクト層101および第一の電極層113をこの

順で形成し、その上にレジスト103を塗布した。次に、露光および現像等によりレジスト103をストライプ状にパターンニングした（図2（b））。次に、ストライプ状のレジスト103をマスクとして、塩素ガスを用いた反応性イオンビームエッチング法により、p型クラッド層112の一部を残すようにエッチングを行った（図2（c））。

【0045】有機洗浄によりレジスト103を除去した後、熱化学気相堆積法を用いて全面に酸化珪素膜102を形成し、さらにその表面にレジスト103を塗布した（図3（a））。次に、露光および現像等によりレジスト103に開口部を形成した（図3（b））。つづいて開口部が形成されたレジスト103をマスクとして、バッファード弗酸を用いたウエットエッチングにより、酸化珪素膜102に開口部を形成した（図3（c））。有機洗浄によりレジスト103を除去した後、蒸着により全面に第二の第一の電極層114を形成した。

【0046】その後、公知の方法を用いてn電極160等を形成し、図1に示す半導体レーザを完成した。得られた半導体レーザは、電極が所定の位置に精度良く形成され、電極の密着性も良好であった。

【0047】（実施例2）本実施例の半導体レーザの製造方法について図面を参照して説明する。まず図2（a）～（c）と同様の工程を行った後、マスク103を除去した。つづいて図4（a）のように、全面にレジスト103を塗布した。次に塩素ガスを用いた反応性イオンビームエッチング法により、第一のp電極113上の酸化珪素膜102が露出するまでレジスト103のエッチングを行った（図4（b））。残ったレジスト103をマスクとして、バッファード弗酸を用いたウエットエッチングにより、酸化珪素膜102に開口部を形成した（図4（c））。有機洗浄によりレジスト103を除去した後（図4（d））、蒸着により全面に第二の電極層114を形成した。ここで第二の電極層114は、第1層目がTi、第2層目がPt、第3層目がAuからなる3層構造とした。

【0048】その後、公知の方法を用いてn電極等を形成し、半導体レーザを完成した。得られた半導体レーザは、電極位置が所定の位置に精度良く形成され、電極の密着性も良好であった。

【0049】本実施例の製造方法においては、第一のp電極113上の酸化珪素膜102を露出させる際に、いわゆるエッチバック法を用いているため、半導体層に形成されたパターンと露光用マスクとの目合わせを行なう必要がなく、セルフアラインに接続孔を形成できる。このため一層、精度良く電極形成を行うことができた。

（実施例3）本実施例の半導体レーザは、図8に示すような構造を有している。以下、この半導体レーザの製造方法について、図5～7を参照して説明する。ここで図5～7は活性層152を形成した後につづく工程を示す

ものであり、活性層152より上の部分についてのみ示している。

【0050】まず図5(a)のように、窒化物系半導体からなる活性層152上に、p型クラッド層112およびp型コンタクト層101を形成した後、熱化学気相堆積法により酸化珪素膜130を形成した。次いでその表面にレジスト103を塗布した(図5(a))。次に露光および現像等によりレジスト103に開口部を形成した(図5(b))。つづいて開口部が形成されたレジスト103をマスクとして、バッファード弗酸を用いたウェットエッチングにより、酸化珪素膜130に開口部を形成した(図5(c))。

【0051】有機洗浄によりレジスト103を除去した後、酸化珪素膜102の開口部にのみ選択的に有機化学気相成長法によりp型クラッド層112およびp型コンタクト層101を形成し、続いて全面に第一の電極層113を形成した(図6(a))。第一の電極層113は、第1層目がNi、第2層目がPtからなる2層構造とした。

【0052】次に、弗酸を用いたウェットエッチングにより、酸化珪素膜130を除去することにより、酸化珪素膜130上の第一の第一の電極層113もまた除去し、選択的に形成したp型クラッド層112およびp型コンタクト層101上のみ第一の電極層113が残るようにした(図6(b))。つづいて熱化学気相堆積法により全面に酸化珪素膜102を形成し、さらに酸化珪素膜102の表面にレジスト103を塗布した(図6(c))。

【0053】露光および現像等によりレジスト103に開口部を形成した後(図7(a))、このレジスト103をマスクとして、バッファード弗酸を用いたウェットエッチングにより、酸化珪素膜102に開口部を形成した(図7(b))。有機洗浄によりレジスト103を除去した後に、蒸着により全面に第二の電極層114を形成した(図7(c))。第二の電極層114は、第1層目がTi、第2層目がPt、第3層目がAuからなる3層構造とした。

【0054】その後、公知の方法を用いてn電極160等を形成し、図8に示す半導体レーザを完成した。得られた半導体レーザは、電極が所定の位置に精度良く形成され、電極の密着性も良好であった。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように本発明の半導体レーザは、リッジ導波路型レーザにおいて、リッジ部上に第一の電極層を形成し、その上に第一の電極層に達する接続孔の設けられた絶縁膜を形成し、さらにその上に第二の電極層を形成している。そして、上記接続孔を通じて前記第一の電極層と第二の電極層とが接続する構造となっている。このため、電極を精度良く所定の位置に形成することができ、電極形成位置にずれが生じた場合であ

っても良好な電流狭窄が実現することができ、さらに半導体層や絶縁膜との密着性が良好な半導体レーザを得ることができる。

【0056】また本発明の半導体レーザの製造方法は、リッジ部をエッチングまたは選択成長により形成しているため、上記のような利点を持つ半導体レーザを簡便な工程で歩留まり良く製造することができる。特にエッチバック法を利用した方法を採用すれば、電極中に設けられる接続孔をセルフアラインに形成することができ、より精度良く電極部を形成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザの一例を示す概略断面図である。

【図2】本発明の半導体レーザの製造方法を説明する工程断面図である。

【図3】本発明の半導体レーザの製造方法を説明する工程断面図である。

【図4】本発明の半導体レーザの製造方法を説明する工程断面図である。

【図5】本発明の半導体レーザの製造方法を説明する工程断面図である。

【図6】本発明の半導体レーザの製造方法を説明する工程断面図である。

【図7】本発明の半導体レーザの製造方法を説明する工程断面図である。

【図8】本発明の半導体レーザの一例を示す概略断面図である。

【図9】本発明の半導体レーザの作用を説明する図である。

【図10】従来の半導体レーザの代表例を示す図である。

【図11】従来の半導体レーザの有する課題を説明するための図である。

【図12】従来技術に係る非リッジ導波路型の半導体レーザの概略断面図である。

【図13】従来の半導体レーザにエッチバック法を適用した場合の状態を示す図である。

【符号の説明】

101 p型コンタクト層

102 酸化珪素膜

103 レジスト

112 p型クラッド層

113 第一の電極層

114 第二の電極層

120 リッジ部

121 接続孔

150 サファイア基板

151 n型クラッド層

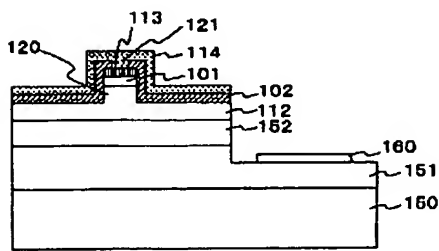
152 活性層

160 n電極

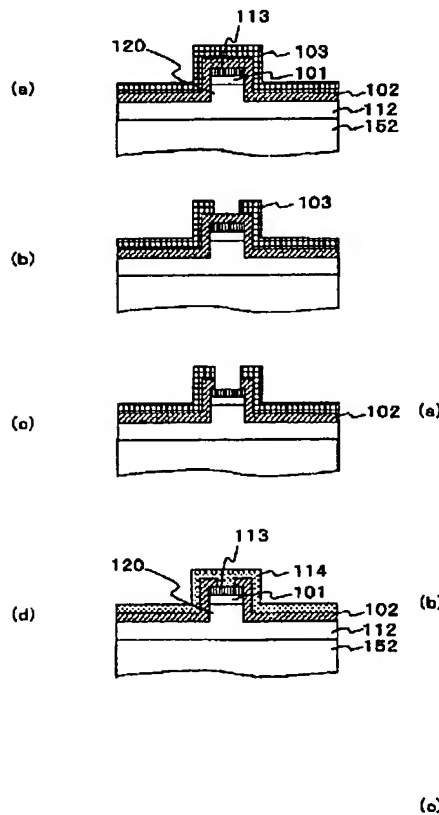
15

- 301 p型コンタクト層
- 302 酸化珪素膜
- 312 p型クラッド層
- 330 p電極
- 340 エッチング残り
- 350 サファイア基板
- 351 n型クラッド層
- 352 活性層
- 360 n電極
- 601 n型SiC基板
- 602 n型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層
- 603 n型GaN層

【図1】



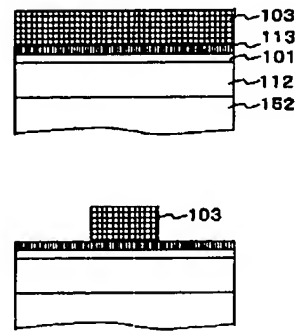
【図3】



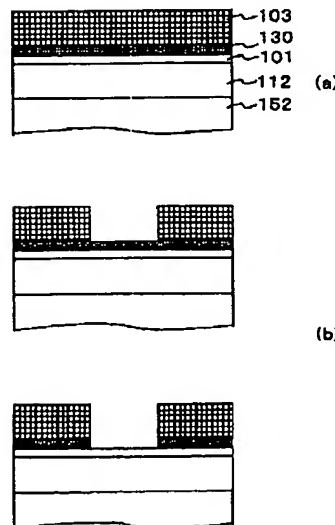
16

- * 604 n型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層
- 605 n型GaN光閉込層
- 606 多重量子井戸構造活性層
- 607 p型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 電子オーバーフロー防止層
- 608 p型GaN光閉込層
- 609 p型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層
- 610 p型GaNコンタクト層
- 611 酸化珪素膜
- 10 612 p電極
- 613 n電極
- * 620 リッジ部

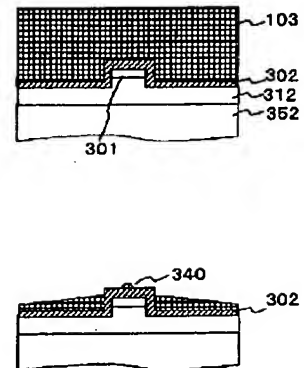
【図2】



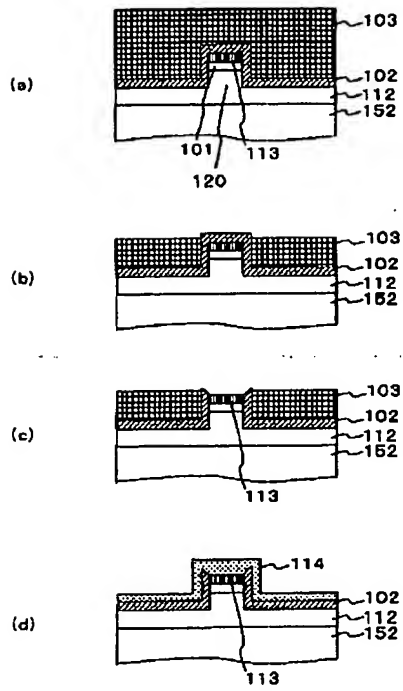
【図5】



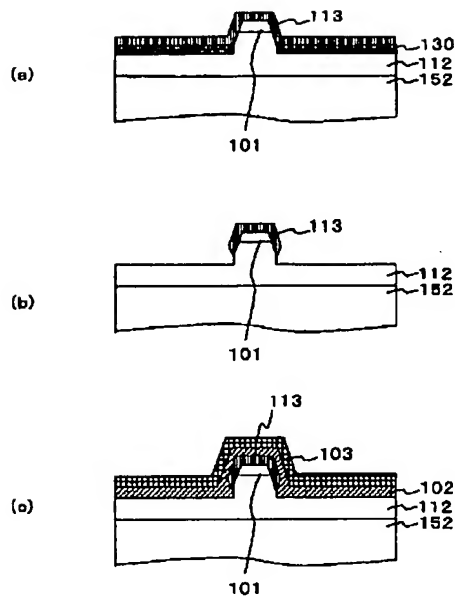
【図13】



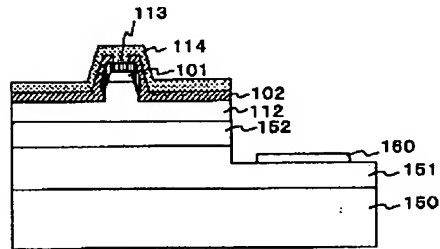
【図 4】



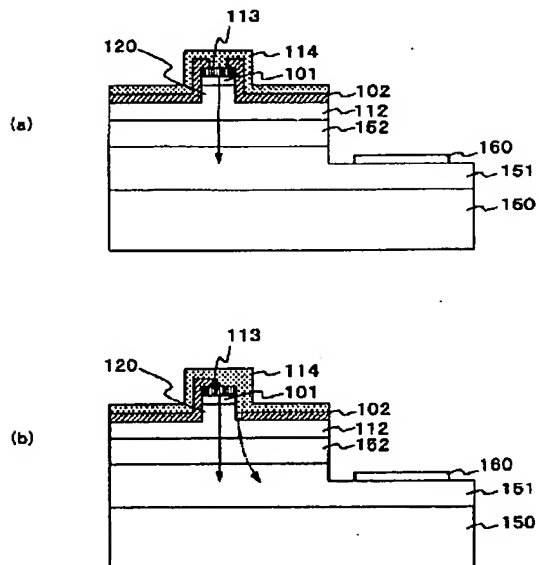
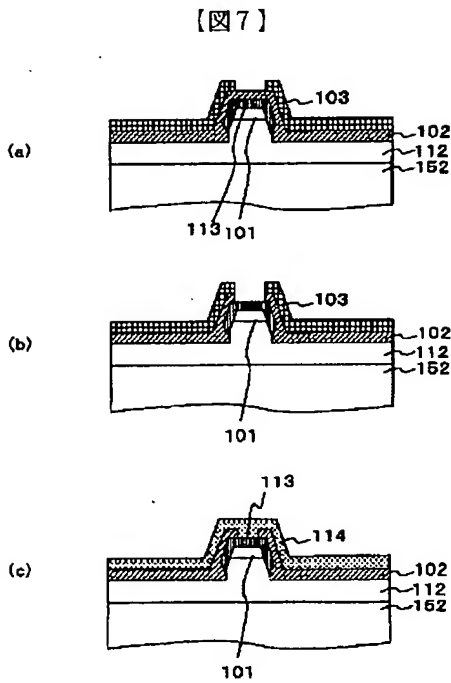
【図 6】



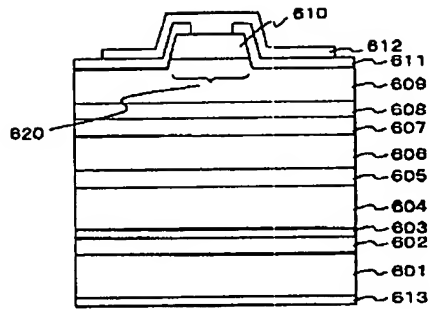
【図 8】



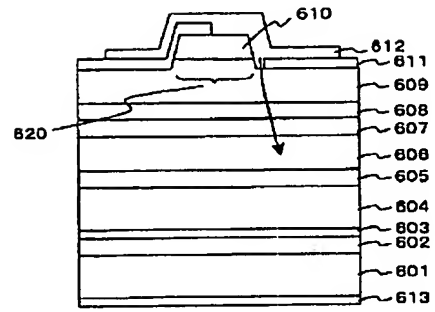
【図 9】



【図10】



【図11】



【図12】

